

# RESULTADOS DE EXPERIMENTOS NUMERICOS EN CASOS DE EPISODIOS DE LLUVIAS FUERTES EN EL MEDITERRANEO

**E. Rodríguez Camino**  
(S. Predicción Numérica. INM)

**J. A. García-Moya Zapata y**  
**A. Jansá Clar**  
(C.M.Z. Baleares. INM)

## 1. INTRODUCCION

El presente estudio está enmarcado dentro de una serie de experimentos conducentes a comprobar y evaluar las prestaciones de la versión del modelo de área limitada del INM con resolución de 0.455 grados que es el doble de la actualmente operativa. Asimismo, se emplea esta misma versión para evaluar su comportamiento en algunos casos excepcionales y en particular para estudiar los factores que contribuyen en algunos episodios de lluvias fuertes en el Mediterráneo asociados a ciclogénesis de Argelia.

El primer intento de utilizar el modelo de área limitada del INM para estudiar los episodios de lluvias fuertes asociados con la ciclogénesis de Argelia fue realizado sobre un caso ALPEX (Hortal, Jansa y Jimeno, 1985), utilizando la versión operativa del LAM (INM). El resultado fue bastante pobre, puesto que el experimento de control no simulaba muy bien la evolución real. Otro experimento, esta vez sobre un caso de ciclogénesis de Génova, fue realizado con resolución de 0.455 grados (Hortal, 1987), y confirmaba la importancia de la resolución para simular adecuadamente la ciclogénesis en el Mediterráneo. Se realizó también un nuevo conjunto de experimentos (García-Moya et al., 1989) esta vez con la resolución operativa del LAM, es decir 0.91 grados, para simular y analizar dos casos de ciclogénesis de Argelia de intensidad moderada. Los resultados fueron, teniendo en cuenta la escala, suficientemente orientativos y mostraban claramente la gran influencia de la orografía en la generación de la perturbación inicial. El papel de la liberación de calor latente no se aclaró suficientemente, posiblemente debido a lo inadecuado de la parametrización de la convección.

Centrándonos sólo en episodios en los que también tiene lugar ciclogénesis de Argel, se han seleccionado dos casos en los cuales aparecen simultáneamente la presencia de una baja en el mar de Alborán-Palos, aunque no profunda, y precipitaciones convectivas intensas y copiosas que causaron riadas y pérdidas en algunas de las regiones del Mediterráneo español.

La primera de las seleccionadas tuvo lugar entre el 2 y el 4 de noviembre de 1987 (Riosalido et al., 1988a, 1988b y 1989), y la segunda entre el 3 y el 6 de septiembre de 1989 (Jansá et al., 1990).

En este trabajo sólo se va a tratar la influencia de la orografía y de la liberación de calor latente en estos episodios de lluvias fuertes asociados con ciclogénesis de Argelia. Otros aspectos relativos a la importancia de la resolución para simular adecuadamente estos fenómenos que caen ya dentro de la mesoescala y al papel determinante de la radiación en el modelo para simular cantidades de precipitación lo más realistas posibles, así como al papel de las condiciones iniciales y de contorno aparecen tratados en Jansá et al., (1990).

## 2. DESCRIPCION DEL MODELO

Los experimentos se han realizado tomando como base una versión del modelo de área limitada (**LAM**) operativo en el INM con una resolución de 0.455 grados tanto en latitud como en longitud.

El LAM del INM esta basado en una versión en diferencias finitas del LAM del ECMWF que posee las siguientes características (véase Haseler y Burridge, 1977):

- Ecuaciones primitivas en forma de flujo.
- Variables independientes: longitud, latitud, coordenada vertical sigma ( $p/p_s$ ).
- Variables pronosticadas: temperatura, vientos zonal y meridiano, razón de mezcla y presión en superficie.
- Integración temporal: método "leapfrog" semiimplícito.
- Discretización espacial: diferencias finitas centradas de segundo orden sobre una rejilla tipo C de Arakawa con espaciado regular tanto en longitud como en latitud. Diferencias centradas en sigma sobre niveles con espaciado no uniforme.
- Física opcional: difusión horizontal, flujos superficiales, difusión vertical, radiación, convección, precipitación estratiforme.
- Condiciones de contorno: esquema de relajación que mezcla los valores previstos con valores prescritos en una banda de 8 puntos en la frontera (esquema de Davies-Källberg).

La versión desarrollada (**LAM.455**), utilizada hasta ahora solamente con fines experimentales, posee doble resolución horizontal que la versión actualmente operativa en el INM, aunque tiene el mismo número de puntos rejilla que la versión operativa, por lo que el área de integración se reduce y centra alrededor del Mediterráneo Occidental. Esta versión posee las siguientes características específicas:

- Area: De 28.735 N a 51.03 N y de 15.865 W a 28.27 E. El número de puntos de rejilla en la horizontal es 50 x 98, tal como se muestra en la figura 1.
- Resolución horizontal: .455 grados en longitud y latitud.
- Paso de tiempo: 225 segundos.
- Resolución vertical: 15 niveles sigma distribuidos de la siguiente manera:

.025	.588
.076	.678
.131	.765
.192	.845
.260	.914
.334	.966
.414	.995
.500	

- La física incluye:

- a) Difusión horizontal: esquema lineal de cuarto orden con coeficiente 0.05.
- b) Flujos superficiales de momento, calor y humedad basados en Monin-Obukov y dependientes de la estabilidad.
- c) Difusión vertical: Los flujos por encima de la capa superficial se calculan basándose en la teoría de longitud de mezcla. El coeficiente de difusión depende de la cizalladura del viento y de la estabilidad con longitud de mezcla asintótica de 150 m.
- d) Precipitación de gran escala siempre que la humedad supera el valor de saturación de 100%. El agua condensada cae instantáneamente como precipitación. Se considera la evaporación de las gotas de lluvia cuando caen a través de capas no saturadas.
- e) Convección húmeda. Según el modelo de parametrización de cúmulos de KUO-74. Las nubes cumuliformes son forzadas por la convergencia media en niveles bajos en regiones de estratificación condicionalmente inestable. La producción de aire de nube es proporcional a la cantidad neta de convergencia de humedad en una columna correspondiente a un punto de rejilla más el suministro de humedad debido a evaporación superficial. Se introduce un parámetro  $\beta$  (Kuo, 1974) de tal forma que la fracción 1-13 se condensa, mien-

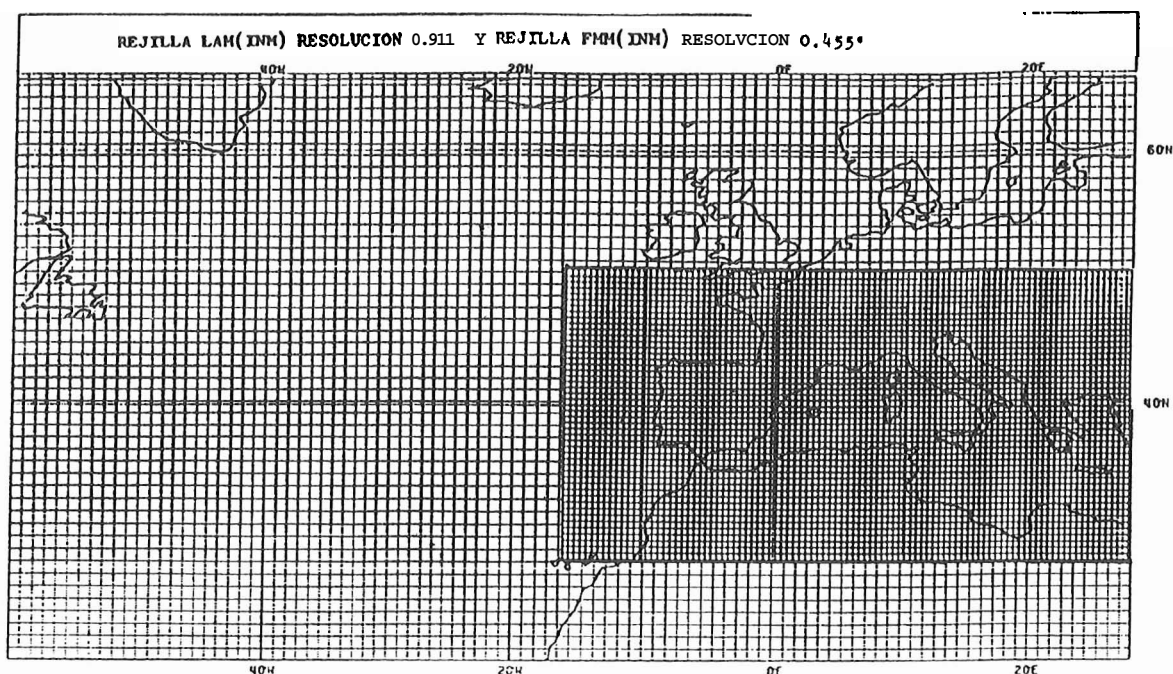


Figura 1: *Áreas de integración de las dos versiones del LAM mencionadas en el texto.*

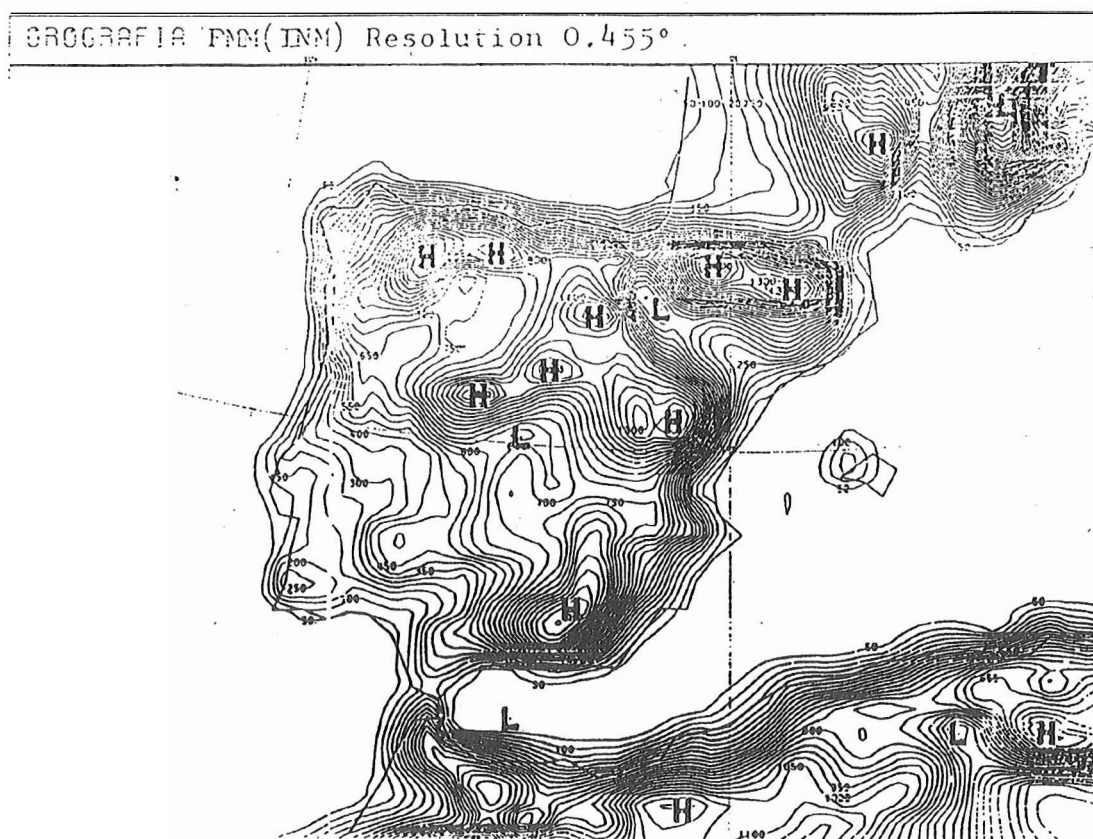


Figura 2: *Orografía de la Península Ibérica en la versión LAM 455.*

tras que la fracción restante  $\beta$  se almacena en la atmósfera. La elección de  $\beta$  (Anthes, 1977) depende de la humedad relativa media en la columna.

f) La radiación sigue el esquema simplificado desarrollado por Nordeng (1986). Las ondas larga y corta se tratan de forma separada. En la radiación de onda larga los materiales absorbentes y emisores son el vapor de agua, el agua líquida y el dióxido de carbono (concentración constante). Se utiliza la aproximación de la emisividad para resolver las ecuaciones de transferencia radiativa. La función de emisividad se determina empíricamente y depende del dióxido de carbono y del vapor de agua. Utiliza la nubosidad diagnosticada del modelo para modular la radiación. En la radiación de onda corta se tiene en cuenta la dispersión por moléculas de aire y por nubes. El flujo de onda corta aparece también modulado por la absorción del vapor de agua.

Se incluye una variación diurna adecuada en la radiación de onda corta.

Los campos iniciales se han tomado de los archivos del INM de análisis y predicciones operativas basadas en el LAM (INM).

Como condiciones de contorno se han tomado nuestros análisis operativos separados 12 horas y linealmente interpolados para cada paso de tiempo.

Los campos de geopotencial, vientos zonal y meridiano en los niveles de 1.000, 850, 700, 500, 400, 300, 250, 200, 150, y 100 hPa, así como los de humedad relativa en los primeros 6 niveles se han extraído de nuestros archivos de análisis y predicciones operativas del LAM. Las condiciones iniciales se interpolan bilinealmente desde la resolución operativa de 0.91 grados a la resolución de 0.455 grados. Se debe tener siempre en cuenta que se está partiendo de un análisis muy suavizado que no es capaz de incorporar desde el principio las estructuras mesoescalares que se quieren estudiar, con la esperanza de que el forzamiento debido a la orografía y a la escala sinóptica (conjuntamente con la alta resolución empleada) sea capaz de generar estructuras mesoescalares similares a las reales.

En la fecha de los dos casos estudiados nuestro sistema de asimilación era intermitente, cada 12 horas, con una ventana de observaciones de  $\pm 3$  horas. El análisis se realizaba en 10 niveles de presión standard, siendo analizados los campos de masa y de viento por interpolación óptima 3D, los de temperatura por interpolación óptima 2D y los de humedad por interpolación óptima 2D hasta 300 hPa (Gustafsson, 1979; y Díaz-Pabón, 1989). La resolución era de 0.91 grados tanto en latitud como en longitud. Los campos previos eran predicciones H+12 del ECMWF a las OOZ y predicciones H+12 del LAM a las 12Z. Los tipos de observación incluidos eran partes SYNOP, TEMP, SATEM y AIREP. El análisis no estaba en ese momento inicializado.

Los campos de superficie iniciales de temperatura del suelo, humedad del suelo, cubierta de nieve, temperatura profunda del suelo y humedad profunda del suelo se han tomado de los archivos del ECMWF.

La orografía procede de la cinta de la "Navy" y se trata de la orografía media promediada a partir de la resolución original de 10 minutos a la resolución de 0.455 grados (véase fig.2).

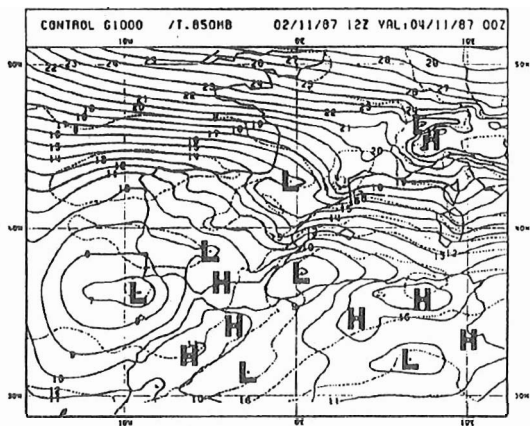
La interpolación vertical de los campos es lineal en  $\ln(p)$  a los niveles sigma del modelo.

La inicialización de los campos de masa y de viento se realiza por el método de las derivadas acotadas (Biljma and Hafkenscheid, 1986) con 2 modos verticales inicializados y 5 iteraciones.

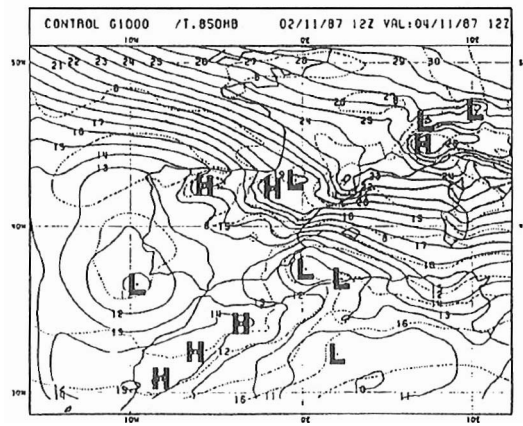
### 3. EXPERIMENTOS

Se han elegido dos situaciones de ciclogénesis de Argelia, iniciándose los experimentos el 2 de noviembre de 1987 a las 12Z para la primera de ellas y el 3 de septiembre de 1989 a las 12Z para la segunda.

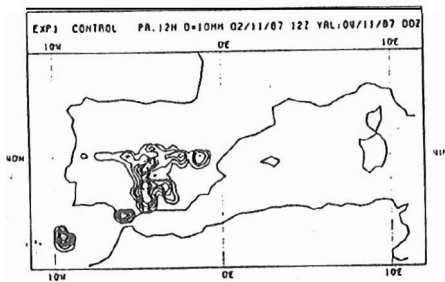
La tabla I resume el conjunto de experimentos realizados. Se integraron 7 experimentos, incluido el experimento de control, para cada una de las dos condiciones iniciales seleccionadas. Las integraciones fueron realizadas hasta 48 horas. El experimento de control (Exp.1) incluye la orografía media, condensación a gran escala, convección de Kuo y el resto de la física. Los experimentos 2, 3 y 4 son idénticos al de control excepto en la orografía. Se explora el efecto de la orografía reduciendo (se multiplica la altura media por un factor 0.3) la altura en todas partes (exp.2), sólo en Africa (exp.3) y sólo en la península Ibérica (exp.4). Los experimentos 5, 6 y 7 se realizaron para desvelar el papel de la liberación de calor latente en estas dos situaciones. El experimento 5 no llama a las subrutinas



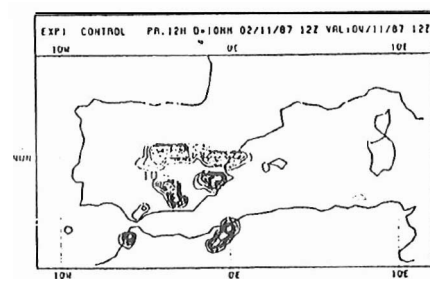
**Figura 3:** Exp. 1 (control). H+36 basado en análisis 02/11/87 12Z.



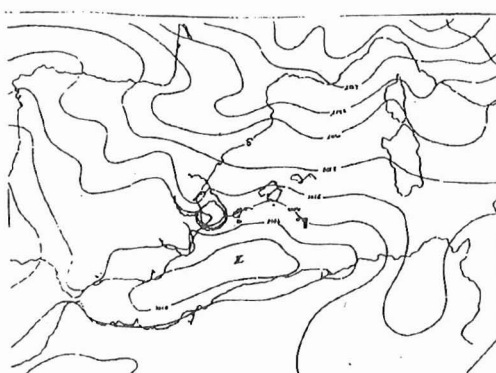
**Figura 4:** Exp. 1 (control). H+36 basado en análisis 02/11/87 12Z.



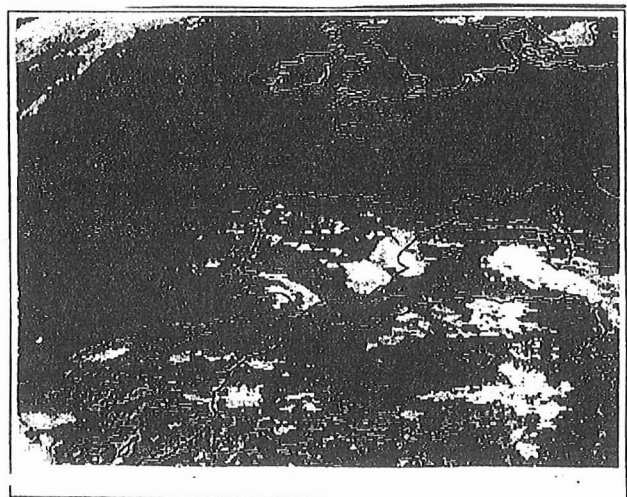
**Figura 5:** Exp. 1 Precip. acum. en 72 horas (H+36), basado en análisis 02/11/87 12Z.



**Figura 6:** Exp. 1 Precip. acum. en 12 horas (H+48), basado en análisis 02/11/87 12Z.



**Figura 7:** Mesoanálisis manual verificante. 04/11/87 a 00Z



**Figura 8:** Imagen Meteosat infrarroja 04/11/87 a 72 30Z.

de condensación a gran escala y de convección de Kuo, la humedad se trata como una variable pasiva, y en consecuencia no hay liberación de calor latente de condensación. Los experimentos 6 y 7 aumentan la liberación de calor latente en comparación con el experimento de control multiplicando la constante de calor latente de condensación por un factor 1.2 y 1.5, respectivamente.

**Tabla I. Resumen de los experimentos numéricos.**

Experimento	Orografía	Condensación
1 (control)	Media	Sí
2	Reducción global (x.3)	Sí
3	Reducción Africa (x.3)	Sí
4	Reducción Pen. Iber. (x.3)	Sí
5	Media	Seco
6	Media	Aument. (x1.2)
7	Media	Aument. (x1.5)

Otros experimentos en los que se explora el papel de la resolución, de las condiciones de contorno y de las condiciones iniciales aparecen descritos en Jansá et al. (1990).

#### 4. RESULTADOS DE LOS EXPERIMENTOS

Con el fin de tener unos pocos elementos de comparación entre los diferentes experimentos, centraremos nuestra atención principalmente en tres puntos de interés: a) existencia, localización e intensidad de la baja de Argelia, b) gradiente de presión dirigiendo el aire contra la costa mediterránea y c) cantidad y distribución de la precipitación.

##### I. Caso del 2-4 de noviembre de 1987

— Experimento 1 (control: orografía media, condensación incluida, figs. 3-6).

El centro de la baja de Argelia tiene la misma localización e intensidad que en el mesoanálisis manual verificante (fig. 7) para el 4 de noviembre a las 00Z (H+36). El gradiente es muy similar al obtenido mediante el mesoanálisis manual. La precipitación para el 4 de noviembre entre las 00 y 12Z presenta un máximo bien definido en la misma región donde fue medida (fig. 6). Compárense estos máximos con las imágenes infrarrojas del Meteosat del día 3 a las 23.30Z y del día 4 a las 12.30Z (véase fig. 8). Véanse también los datos de precipitación acumulada incluidos en Jansá et al. (1990) y que muestran un gran parecido con la simulación de control, tanto en distribución espacial como en cantidad de precipitación. Este experimento se tomará como referencia para sucesivos experimentos correspondientes a la misma situación.

— Experimento 2 (orografía multiplicada por 0.3 en toda el área, figs. 9 y 10).

Centro de baja presión apreciablemente más débil y desplazado hacia el SO en comparación con el experimento de control. Gradiente de presión más débil y más distribuido a lo largo de la costa, presenta desviación hacia el N. Menor precipitación y más distribuida.

— Experimento 3 (orografía de Africa multiplicada por 0.3 en toda el área, figs. 11 y 12).

Centro de baja presión apreciablemente más débil y desplazado hacia el SO en comparación con el experimento de control. Gradiente de presión más débil y más distribuido a lo largo de la costa, presenta ligera desviación hacia el N (menos que en el experimento 2). Máximo muy definido de precipitación ligeramente desviado hacia el SW. Precipitación más extendida que en el experimento de control.

— Experimento 4 (orografía de la Península Ibérica multiplicada por 0.3, figs. 13 y 14).

Centro de baja presión ligeramente más intenso y desplazado hacia el interior de la Península Ibérica (NO). Gradiente de presión muy parecido aunque ligeramente desplazado hacia el N. Se reduce claramente la cantidad de precipitación y su distribución es muy diferente. Si se compara con el experimento de control, es de destacar que no aparece el núcleo de precipitación más intenso.

— Experimento 5 (seco, figs. 15 y 16).

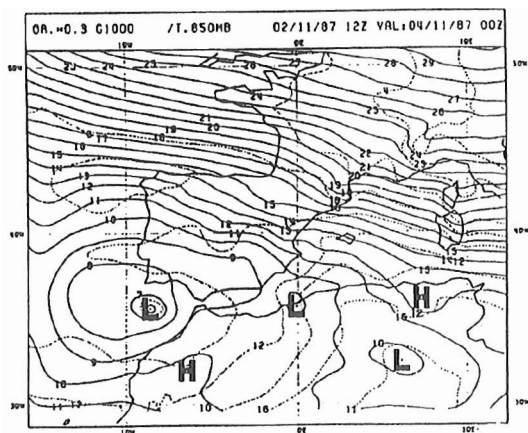


Figura 9: Exp. 2. H+36 basado en análisis 02/11/87 12Z.

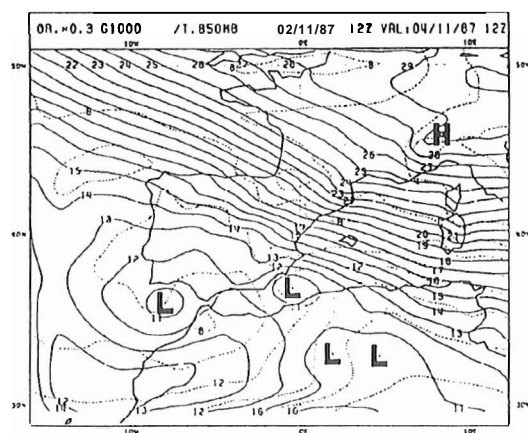


Figura 10: Exp. 2. H+48 basado en análisis 02/11/87 12Z.

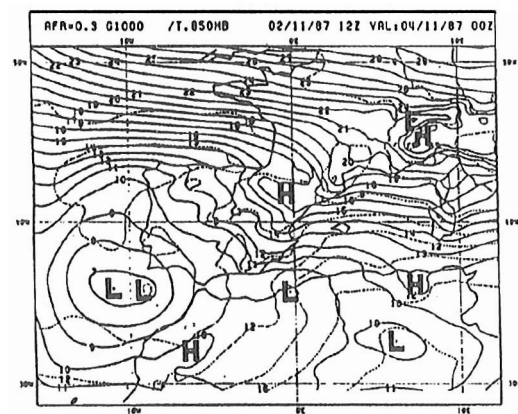


Figura 11: Exp. 3. H+36, basado en análisis 02/17/87 12Z.

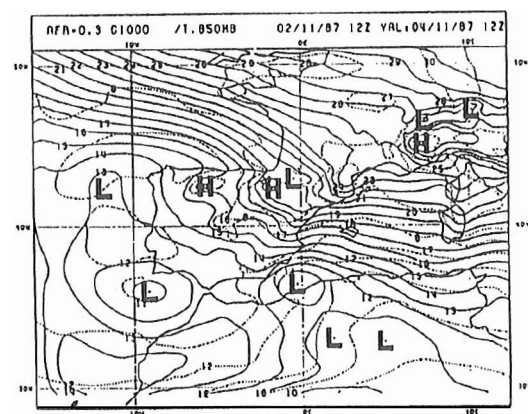


Figura 12: Exp. 3. H+48, basado en análisis 02/17/87 12Z.

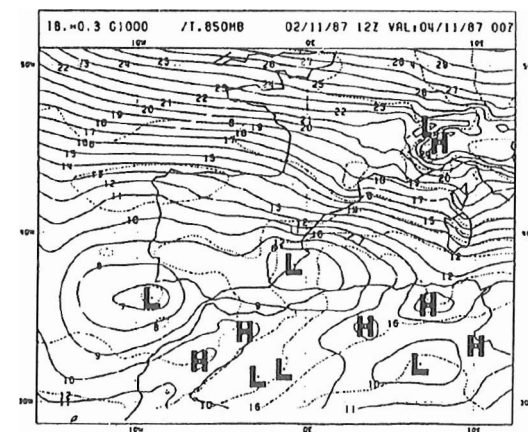


Figura 13: Exp. 4. H+36 basado en análisis 02/11/87 12Z.

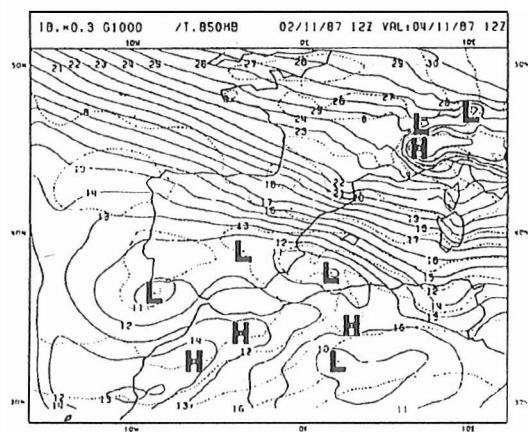


Figura 14: Exp. 4. H+48 basado en análisis 02/11/87 12Z.



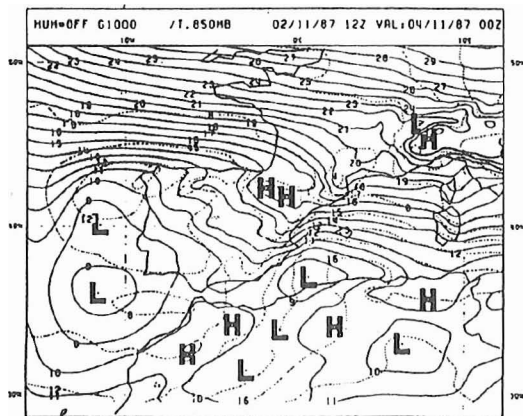


Figura 15: Exp. 5. H+36, basado en análisis 02/11/87 12Z.

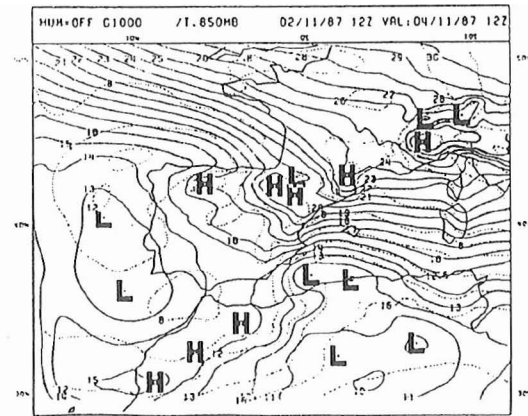


Figura 16: Exp. 5. H+48, basado en análisis 02/11/87 12Z.

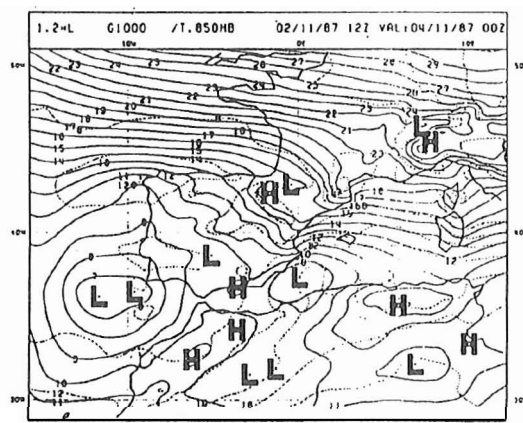


Figura 17: Exp. 6. H+36, basado en análisis 02/17/87 12Z.

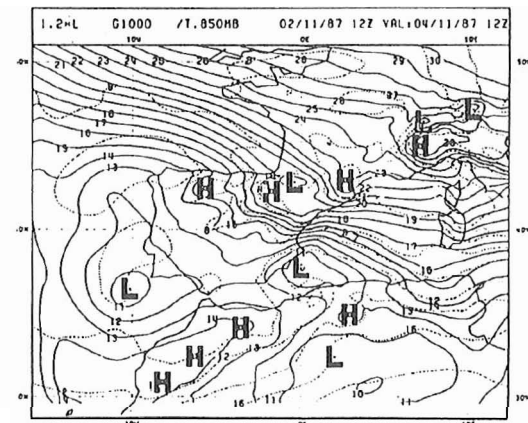


Figura 18: Exp. 6. H+48, basado en análisis 02/11/87 12Z.

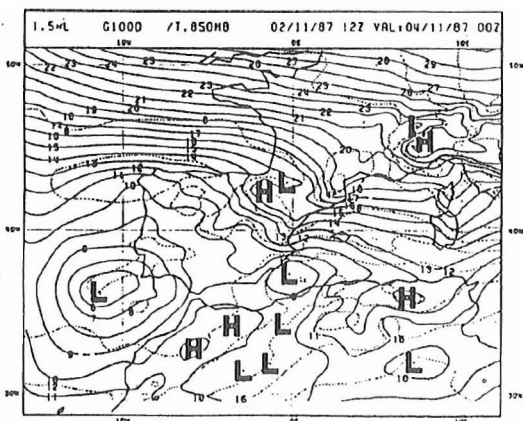


Figura 19: Exp. 7. H+36, basado en análisis 02/17/87 12Z.

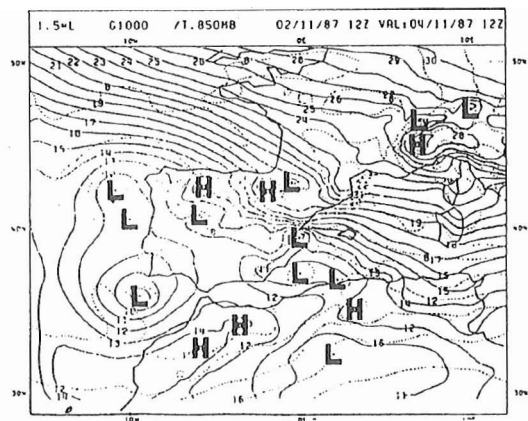


Figura 20: Exp. 7. H+48, basado en análisis 02/17/87 12Z.



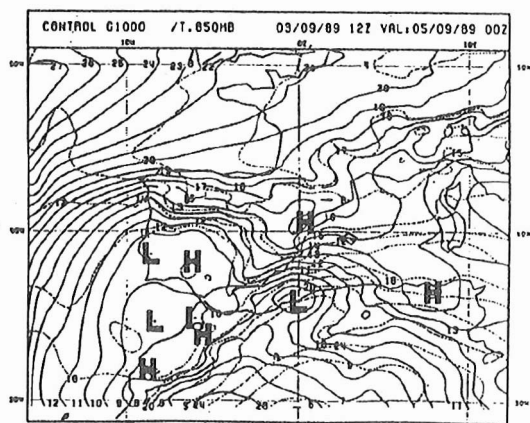


Figura 21: Exp. 1. fcontrol. H+36 basado en anal. 03/09/89 a 12Z.

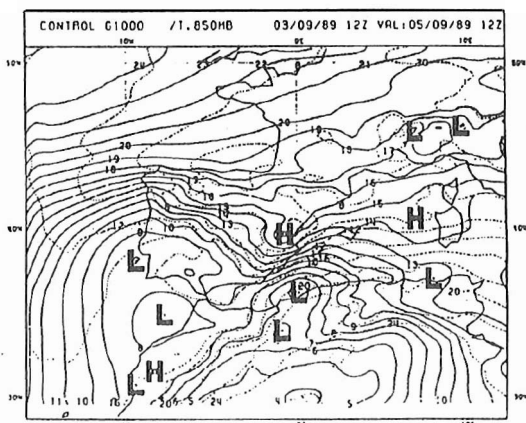


Figura 22: Exp. 1. (control). H+48 basado en anal. 03/09/89 a 12Z.

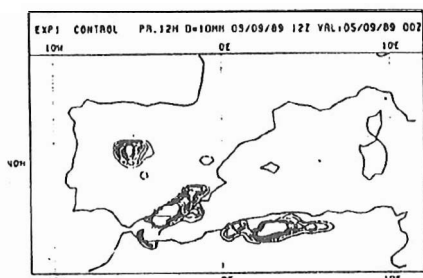


Figura 23: Exp. 1. Precip. acum. en 12 horas (H+36), basado en análisis 03/09/89 a 12Z.

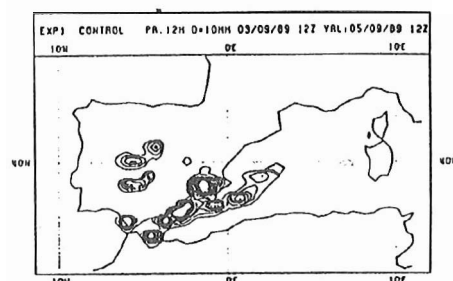


Figura 24: Exp. 1. Precip. acum. en 12 horas (H+48), basado en análisis 03/09/89 a 12Z.

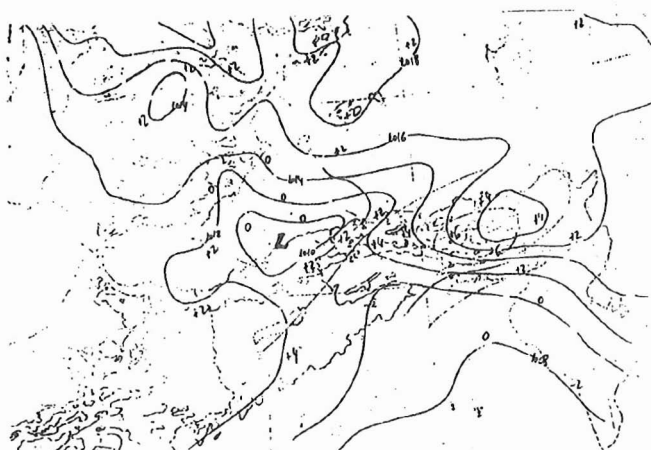


Figura 25: Mesoanálisis manual verificante 05/09/89 a 00Z.

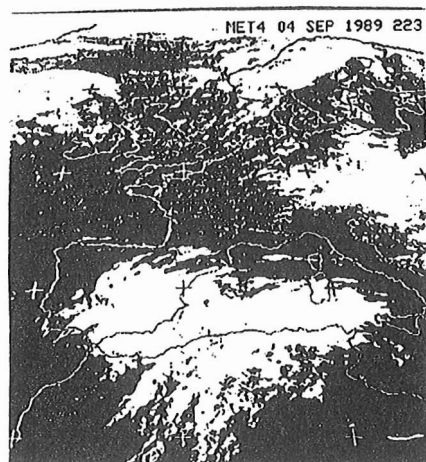


Figura 26: Imagen Meteosat infrarroja, 04/09/89 a 22.30Z.

El centro de la baja y el gradiente de presión son de nuevo muy similares al experimento de control, excepto por un ligero debilitamiento y desplazamiento hacia el S.

— Experimento 6 (constante de liberación de calor latente multiplicada por 1.2, figs. 17 y 18).

El centro de la baja y el gradiente de presión son muy parecidos a los obtenidos con el experimento de control. Aparecen cambios en la distribución de la precipitación, el núcleo más intenso aparece más reducido y la precipitación a lo largo de la banda se incrementa.

— Experimento 7 (constante de liberación de calor latente multiplicada por 1.5, figs. 19 y 20).

El centro de la baja principal se reduce (H+36) y aparece más tarde (H+48) uno secundario. El gradiente de presión no cambia apreciablemente y la precipitación aumenta. Aparecen nuevos núcleos de precipitación.

## II. Caso del 3-5 de septiembre de 1989

— Experimento 1 (control: orografía media, condensación incluida, figs. 21-24).

Se coge bastante bien la baja de Argelia tanto en localización como en intensidad cuando se compara con el mesoanálisis manual verificador (fig. 25) para el 5 de septiembre a las 00Z (H+36). El chorro de bajos niveles apuntando hacia el ENE, contra el cabo de Palos, queda también bien simulado. La precipitación aunque no se ajusta a la observada de forma tan espectacular como en el caso anterior, es todavía aceptable, sobre todo en cuanto a intensidades (véase Jansá et al. 1990).

— Experimento 2 (orografía multiplicada por 0.3 en toda el área, figs. 27 y 28).

El centro de baja presión desaparece y el gradiente de presión es sensiblemente más débil. No aparece el núcleo precipitación sobre Murcia y el otro, que en el experimento de control se localiza sobre Andalucía, se desplaza hacia el mar (E).

— Experimento 3 (orografía de Africa multiplicada por 0.3, figs. 29 y 30).

El centro de baja presión principal desaparece, por otra parte surgen dos bajas secundarias sobre el Cabo de Palos y Gibraltar, respectivamente (coincidiendo con los dos núcleos de precipitación). El gradiente de presión se deforma, siendo más intenso alrededor del Cabo de Palos y en proximidades de Sevilla. Los intensos núcleos de precipitación sobre el Cabo de Palos y Gibraltar corresponden con las bajas secundarias.

— Experimento 4 (orografía de la Península Ibérica multiplicada por 0.3, figs. 31 y 32).

Centro de baja presión bastante aproximado tanto en posición como en intensidad. El gradiente de presión es ligeramente más débil. La distribución de la presión parece ser más correcta que en el experimento de control, aunque no aparezca el núcleo principal sobre Murcia.

— Experimento 5 (seco, figs. 33 y 34).

El centro de la baja tiene una posición correcta y menos intensidad. El gradiente de presión es similar al del experimento de control.

— Experimento 6 (constante de liberación de calor latente multiplicada por 1.2, fig. 35 y 36).

El centro de la baja y el gradiente de presión son muy parecidos a los obtenidos con el experimento de control (H+36). A medida que avanza la predicción (H+48) la baja se desplaza hacia el N y se profundiza ligeramente más que en el experimento de control. La distribución de la precipitación muestra una estructura similar pero mucha mayor cantidad de precipitación. Los núcleos individuales se funden en un único núcleo.

— Experimento 7 (constante de liberación de calor latente multiplicada por 1.5, figs. 37 y 38).

Aparece un nuevo centro más intenso y de aspecto ciclónico moviéndose hacia las islas Baleares. El gradiente de presión es más intenso debido a la aparición de la baja secundaria. La precipitación es mucho mayor que en el experimento de control.

## 5. CONCLUSIONES

Referente al comportamiento del LAM (.455), se observa una simulación bastante buena en los experimentos de control, quedando patente que la resolución empleada es suficiente para simular las estructuras básicas asociadas a la ciclogénesis de Argelia.

El modelo es capaz de generar las perturbaciones mesoscales, que están ausentes en el análisis debido a su poca resolución (0.91 grados), durante la fase de integración forzada por la mayor resolución de la orografía.

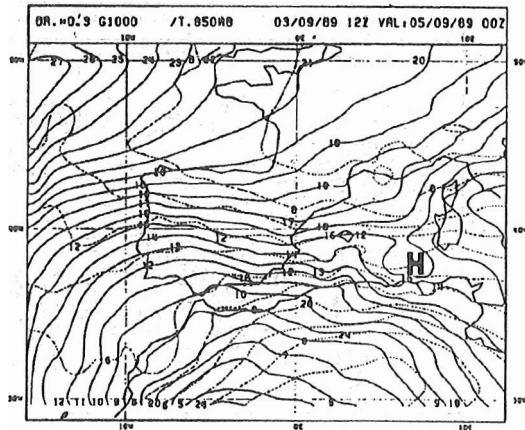


Figura 27: Exp. 2. H+36 basado en análisis 03/09/89 12Z.

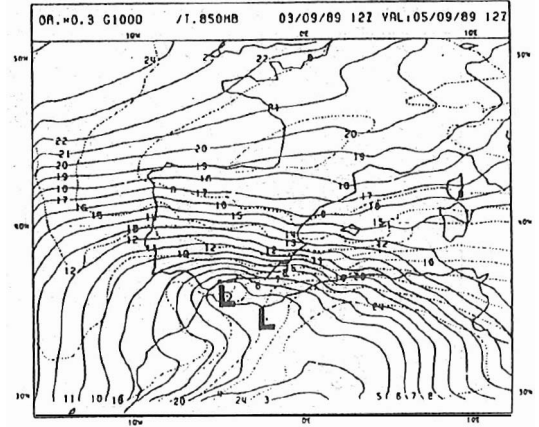


Figura 28: Exp. 2. H+48 basado en análisis 03/09/89 12Z.

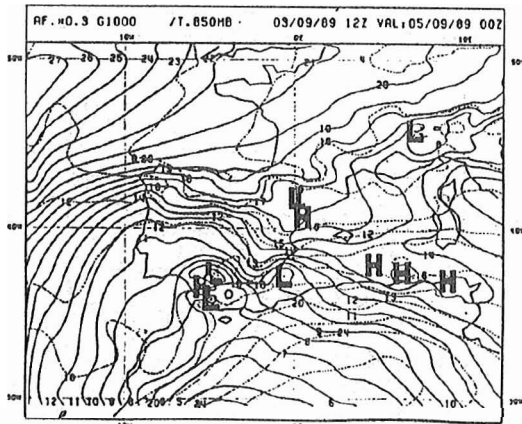


Figura 29: Exp. 3. H+36 basado en análisis 03/09/89 12Z.

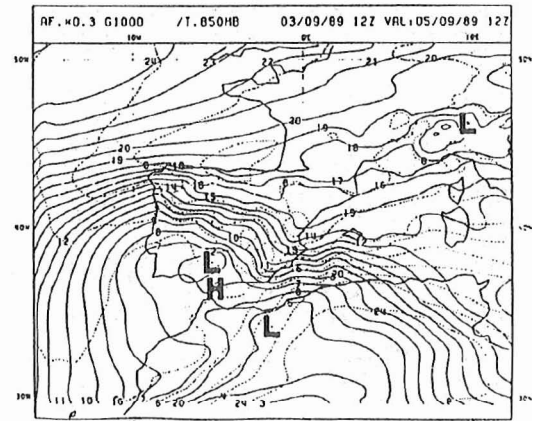


Figura 30: Exp. 3. H+48 basado en análisis 03/09/89 12Z.

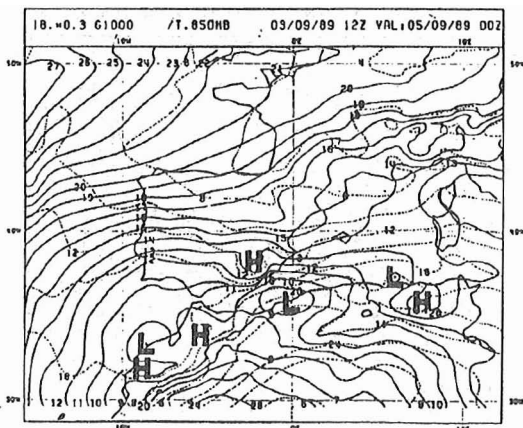


Figura 31: Exp. 4. H+36 basado en análisis 03/09/89 12Z.

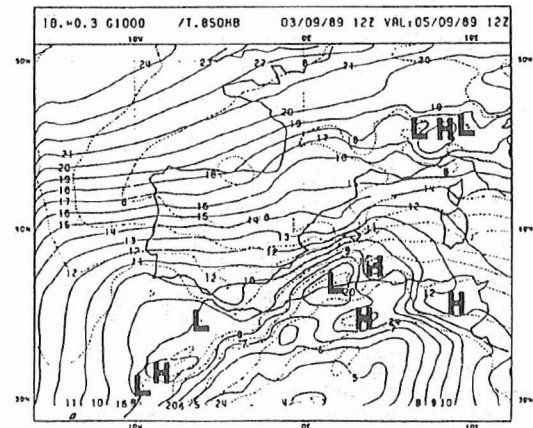


Figura 32: Exp. 4. H+48 basado en análisis 03/09/89 12Z.

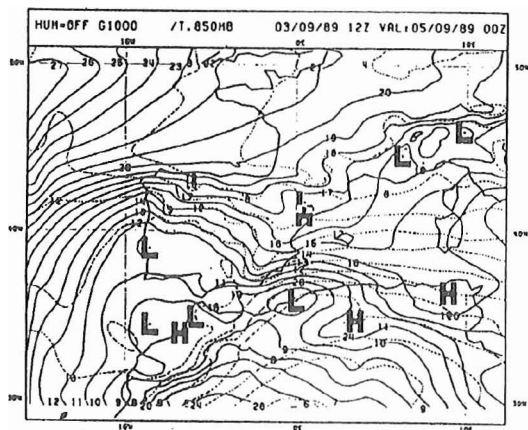


Figura 33: Exp. 5. H+36 basado en análisis 03/09/89 12Z.

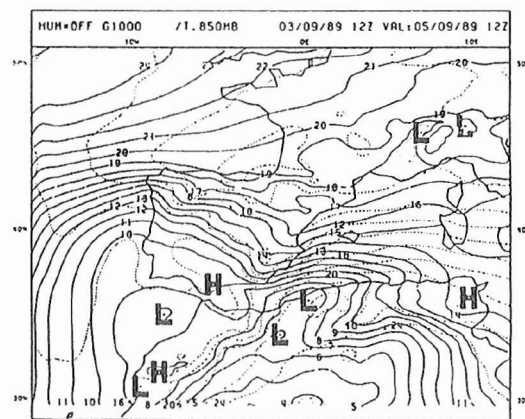


Figura 34: Exp. 5. H+48 basado en análisis 03/09/89 12Z.

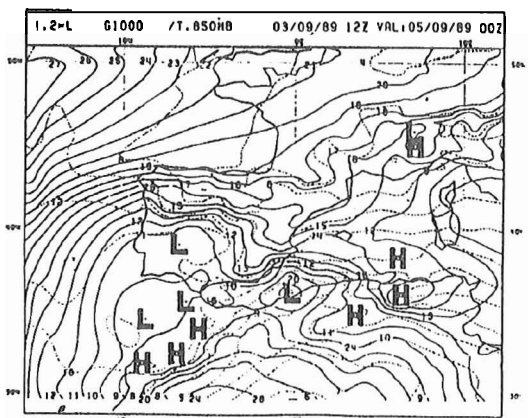


Figura 35: Exp. 6. H+36 basado en análisis 03/09/89 12Z.

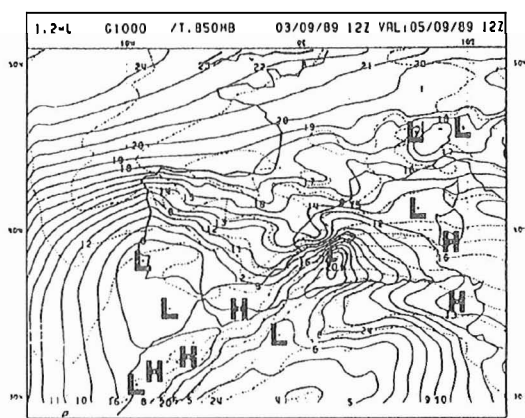


Figura 36: Exp. 6. H+48 basado en análisis 03/09/89 12Z.

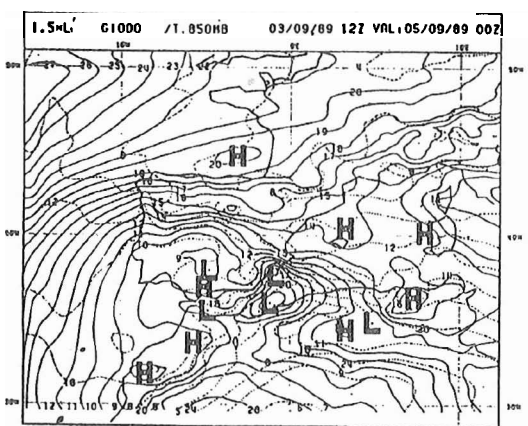


Figura 37: Exp. 7. H+36 basado en análisis 03/09/89 12Z.

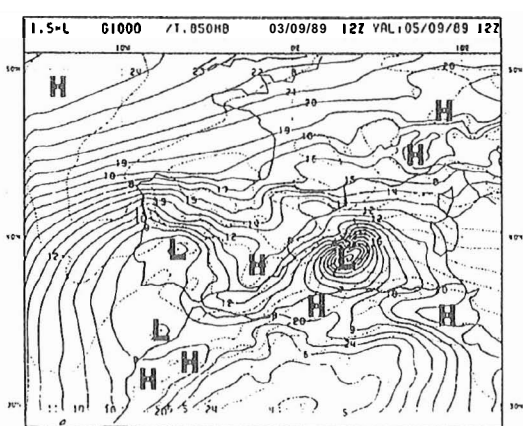


Figura 38: Exp. 7. H+48 basado en análisis 03/09/89 12Z.

Con respecto a las causas de la ciclogénesis de Argelia, los experimentos permiten identificar algunos de los factores que influyen en su desarrollo:

a) Sobre la influencia de la orografía.

Si se comparan los experimentos 2, 3 y 4 con los de control, se observa que la orografía es un factor determinante para la generación de la depresión mesoscalar de Argelia.

Se puede resumir diciendo que la generación de dicha baja debe estar asociada con la orografía de Africa, a sotavento de la cual se sitúa el mar de Alborán, mientras que la orografía ibérica modula la forma y posición de tal depresión.

b) Sobre la influencia de la liberación de calor latente.

Los experimentos 5, 6 y 7 exploran la influencia de este hipotético factor ciclogénico.

Cuando se suprime totalmente la liberación de calor latente (exp. 5), la intensidad de la depresión aparece ligeramente reducida y, en el caso de noviembre 87, se hace aparente un ligero desplazamiento en posición. Sin embargo, si la constante de calor latente de condensación se aumenta artificialmente (multiplicando por un factor 1.2 ó 1.5) se obtienen importantes desarrollos de la perturbación inicial argelina (explosivos para 1.5, exp. 7), esta profundización se produce en paralelo con un espectacular incremento de la cantidad de precipitación.

Se puede concluir que en las simulaciones y probablemente en la realidad las condiciones de extensión e intensidad de la convergencia asociada a la perturbación forzada, estabilidad vertical y contenido de agua líquida, no alcanzan los límites que permiten una desestabilización tipo CISK, aunque no están lejos de este umbral, puesto que dichos límites se sobrepasan cuando el entorno es moderadamente más inestable o más húmedo (simulado aquí con un aumento de la constante de calor latente de condensación).

En ambos casos la perturbación de Argelia parece ser causada por el forzamiento orográfico, sin contribución de ninguna inestabilidad dinámica.

## 6. REFERENCIAS

- ANTHES, R.A. (1977).- "A Cumulus Parametrization Scheme Utilizing a One-Dimensional Cloud Model". Mon. Wea. Rev., 105, 270-286.
- BIJLSMA, S.J.; HAFKENSCHIED, L.M. (1986). "Initialization of a Limited Area Model: A Comparison between the Nonlinear Normal Mode and Bounded Derivative Methods". Mon. Wea. Rev., 114, 1445-1455.
- DIAZ-PABON, R. (1989).- "Modelo operativo en el INM de análisis numérico tridimensional de campos meteorológicos". Serv. Publicaciones INM, Madrid.
- GARCIA-MOYA, J.A.; JANSÁ, A.; DIAZ-PABON, R.; RODRIGUEZ, E. (1989).- "Factors Influencing the Algerian Sea Cyclogenesis". Report on the Third Session of the Steering Group on Mediterranean Cyclones Study Project. PSMP Report Series nº 31, WMO/TD No. 298, 87-93.
- GUSTAFSSON, A. (1979).- "An Operational Scheme for Three-Dimensional Numerical Analysis of Meteorological Fields". Internal Report of the SMHI.
- HASELER, J.; BURRIDGE, D. (1979).- "Documentation for the ECMWF Grid Point Model". Internal Report No. 9, Research Dep. ECMWF.
- HORTAL, M.; JANSÁ, A.; GIMENO, C. (1985).- "Spanish LAM Behaviour in Two Cases of Mediterranean Cyclogenesis". Scientific Results of the Alpine Experiment. GARP Publications Series No. 27, WMO/TD nº108, 195-206.
- HORTAL, M. (1987).- "Experiments with the Spanish LAM over the Mediterranean". Workshop on Limited-Area Fine-Mesh Models for the Mediterranean Region. WMO PSMP Report Series No. 26, 69-90.
- JANSÁ CLAR, A.; GARCIA-MOYA ZAPATA, J.A. y RODRIGUEZ CAMINO, E. (1990), "Numerical Experiments about Mediterranean Heavy Rain and Algerian Cyclogenesis", Technical Report, I.N.M.
- KUO, H.L. (1974).- "Further Studies of the Parametrization of the Influence of Cumulus Convection on Large-Scaleflow". J. Atmos. Sci., 31, 1232-1240.
- NORDENG, T.E. (1986).- "Parametrization of Physical Processes in a Three-Dimensional Numerical Weather Prediction Model". Det Norske Meteorologiske Institutt. Technical Report No. 65, 48 pp.
- RIOSALIDO, R.; RIVERA, A.; MARTIN LEON, F. (1988a).- "Desarrollo de un sistema convectivo de mesoescala durante la campaña Previmet Mediterráneo-87". Informe interno del INM, 21 pp.
- RIOSALIDO, R.; RIVERA, A.; MARTIN LEON, F. (1988b). "Development of a Mesoscale Convective System in the Spanish Mediterranean Area". Proceedings of the 7th Meteosat Users Meeting, 375-378.
- RIOSALIDO, R.; RIVERA, A.; MARTIN LEON, F. (1989).- "The life-cycle of a quasi-estacionary Mediterranean Mesoscale Convective System". European Geophysical Society, XIV General Assembly. Barcelona.